

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭60-86429

⑤ Int. Cl.<sup>4</sup>G 01 H 17/00  
G 10 L 9/14

識別記号

庁内整理番号

7359-2G  
7350-5D

⑬ 公開 昭和60年(1985)5月16日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全6頁)

⑭ 発明の名称 船舶航走音分析装置

⑰ 特 願 昭58-194230

⑱ 出 願 昭58(1983)10月19日

⑲ 発 明 者 中 島 弘 喜 横須賀市長瀬3-12-2-6402  
⑲ 発 明 者 内 田 浩 横須賀市公郷町6-2-23  
⑲ 発 明 者 西 山 久 司 国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内  
⑲ 発 明 者 阿 田 木 俊 材 横浜市戸塚区戸塚町216番地 株式会社日立製作所戸塚工場内  
⑲ 出 願 人 防衛庁技術研究本部長  
⑲ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地  
⑲ 代 理 人 弁理士 高橋 明夫 外1名

## 明 細 書

発明の名称 船舶航走音分析装置

## 特許請求の範囲

1. 船舶航走音を周波数分析し補機雑音を抽出し除去する手段と、前記補機雑音の除去された航走音パワースペクトルをケブストラム分析しピッチ抽出するとともにピッチ変動を監視しパワースペクトルを累加する手段と、累加されたパワースペクトルからコムフィルタにより船体共振スペクトルを各船舶について得る手段と、前記パワースペクトルをPARCOR分析し所望の特徴パラメータを得る手段とからなることを特徴とする船舶航走音分析装置。

## 発明の詳細な説明

## 〔発明の利用分野〕

本発明は海洋を航走中の船舶の放射する音を受波し、信号処理して特徴を抽出する信号分析装置に関するものである。

## 〔発明の背景〕

船舶の放射雑音源はディーゼルエンジン等の機

械雑音、推進器のプロペラ雑音、船体の流体力学的雑音に分けられる。これらの中で、プロペラ雑音については、特開昭54-9967号公報にプロペラ枚数等の情報が得られることが記述されている。

従来、航走雑音の分析において、そのスペクトル包絡を線形予測法で推定した例がある(特開昭51-112377号公報、実願昭54-076505号参照)。前者は、雑音改善のために、短時間自己相関関数を累加してから線形予測分析するのが特徴である。後者の実用新案は、雑音除去のため、隣接ピッチ自己相関係数(雑音の存在しないピッチ付近の相関係数)を用いて線形予測分析することが特徴である。

しかし、航走音において、補機音、たとえば送風機、発電機、電源等の強い音の成分が存在する場合、前記2方法はこういった補機音などに無対策のため、予測スペクトルは補機音に強く影響され、エンジンの爆発音による船体共振スペクトルを抽出することはできない。

## 〔発明の目的〕

本発明の目的は、上記欠点を改良することにある。

## 〔発明の概要〕

この目的を達成するため、本発明では、エンジンの爆発音による船体共振スペクトルを推定する際に、妨害となる補機音をあらかじめスペクトル中で除き去ってから、エンジンの爆発周期の高調波線スペクトルをコームフィルタで取出しスペクトル包絡を線形予測法により抽出し、同時に広帯域な流体雑音、プロペラ雑音を上記コームフィルタにより軽減する点に特徴がある。特徴パラメータとしては、PARCOR係数を用いる。PARCOR係数から線形予測係数が得られ船体の共振周波数、3dB帯域幅が得られる。

## 〔発明の実施例〕

まず、本発明の原理を説明する。推進の動力源としてディーゼルエンジンを用いている船舶にたいしてはすべてこの原理が当てはまる。近年、騒音対策上、エンジンを支持する防振台に工夫をし、

改善をしているが、依然、振動騒音は存在する。その中でディーゼルエンジンのシリンダ内での爆発による周期的振動がある。その周期はシリンダ点火周期と呼ばれている。その周期を $Pt(sec)$ とすると、シリンダ点火周波数は $1/Pt[Hz]$ である。この周期音源を $p(t)$ 、船体はその周期音源 $p(t)$ によって駆動されたとし、船体のインパルスレスポンスを $v(t)$ とすると、我々が観察する信号 $g(t)$ は、

$$g(t) = \int_0^t p(\tau) v(t-\tau) d\tau \quad (1)$$

で与えられる。 $g(t)$ 、 $p(t)$ 、及び $v(t)$ のフーリエ変換をそれぞれ $G(f)$ 、 $P(f)$ 及び $V(f)$ とすると

$$G(f) = P(f) \cdot V(f) \quad (2)$$

(2)式のスペクトル中に、代表的な2種類の補機音A、補機音Bが重畳したとする。それらの補機音を $H(f)$ とすれば、式(2)は

$$G(f) = P(f) V(f) + H(f) \quad (3)$$

補機音の具体例を第1図(a)に示した。第1図(a)を簡単に説明すると、破線はエンジンの爆発にともなう基本波(ピッチ)とその高調波成分であり、その破線の頂上を連ねたのは船体共振スペクトル包絡 $L$ である。このスペクトル中に、補機音A、補機音Bが存在する。この中で補機音Aには基本周波数以外にその高調波成分( $A_1'$ 、 $A_2'$ 、 $A_3'$ 、……)が存在する。また補機音Aはシリンダ点火周波数およびその高調波スペクトルと重なる場合、すなわち補機音Aの周波数 $f_A(Hz)$ がシリンダ点火周波数の整数倍の関係にある場合とそうでない場合がある。一方補機音Bの周波数 $f_B(Hz)$ はシリンダ点火周期とは無関係で、船速に応じて、速度の上昇に従って高周波数側に移動し、ゆれ動く性質を持つ。ただし、船種によってシリンダ点火周期、補機音の周波数、音圧レベルは異なる。これら補機音の音圧レベルが船体共振スペクトル包絡レベルの下に隠れ、船体スペクトル包絡中に重ならない(基本周波数成分の整数倍にない)ときは線形予測によるスペクトル推定に際して問題

にはならない。上記に説明した(3)式における補機音を抽出し除去するために本発明では第2図に示した方法を用いる。すなわちパワースペクトル中で任意に周波数範囲を設定し、その範囲で振幅レベルの最大値である補機音をみつけ抽出し、除去する。第2図中、山のうねりは補機音の存在する付近のスペクトル特性を表わしている。以下さらに詳しく説明する。

- (1) 第2図(a)においてあらかじめ設定した範囲A、B点間で最大値を探しその位置をE点とする。
- (2) E点を中心にして周波数の高くなるB点の方向に隣りあう、極大値をとってそれらの極大値の差の値が所定値 $\delta(dB)$ (0.5~3dB程度)より大であれば、極大値の間にある極小点をDとする。
- (3) つぎにE点からA点の方向(周波数の低くなる方向)へも同様にして、極小点Cをみつける。
- (4) もし両方の場合とも上記条件をみたす極小点C、DがなければA、B間には補機音なしと判定する。

(5) C、D点を第2図(b)の如く直線で結ぶ演算により補機音を除去する。

(6) この演算を補機音の個数に応じて行う。補機音Aの場合、高調波も存在するから、探索する範囲もその個数だけ設定し除去を行う。

以上の演算操作により補機音の除去されたスペクトルから、船体共振スペクトル包絡の抽出を行う。このとき第1図(b)のような振幅特性をもったコームフィルタを用いる。(鈴木他2:デジタルフィルタリングによる雑音の抽出、信学技報 EA76-57 P43) この際ピッチ周波数が必要であるが、既出の特願昭56-88151号によれば、適切な分析窓長、パワースペクトルの累加数が決まり、容易に得られる。第3図に示したコームフィルタを利用すれば、出力端子3002からは、エンジンによる船体共振スペクトル(ピッチ周波数の基本波ならびにその高調波スペクトルによるスペクトル包絡特性)が得られる。第3図において入力端子3001から入力された音響信号よりパワースペクトル演算器301でパワース

ペクトルが計算され、その結果からコームフィルタ302で上記共振スペクトルが計算される。パワースペクトルと共振スペクトルとの差が加算器303で計算され出力端子3003から出力される。船舶(ディーゼル船)が複数存在する場合、第4図に示したようにピッチのピークが船舶数分( $T_1, T_2, T_3$ )存在するから、抽出したピッチ周波数の大きい順に、コームフィルタにかけ船体共振スペクトルを得る。この方法によれば、複数船舶が存在しピッチ周波数が互いに整数倍の関係にある際、スペクトル中で倍周波数ごとにスペクトル成分の欠損があるけれども、この悪影響を小さくすることができる。すなわち、ピッチ周波数の小さい船舶のスペクトル包絡の欠損はピッチ周波数の大きい船舶のスペクトル包絡の欠損より少なくなるからである。従って、ピッチ周波数が互いに整数倍の関係にない場合は何ら問題ないことは言うまでもない。

一方、出力端子3003からは前記でとり除いた以外の補機音やピッチの高調波にのらない未知

の補機音あるいは他の船舶(タービン船等)の航走音スペクトルが得られる可能性がある。

上記船体共振スペクトル、航走音スペクトルを高速度フーリエ変換(FFT)すれば自己相関係数が得られる。自己相関係数を $\{r(n)=r(n\Delta)\mid n=0, 1, \dots\}$ とすれば、線形予測法において、Durbinの解法(J. Durbin: The Fitting of Time-series Models, Rev. Inst. Int. Statist., 28-3, 233/234(1960))を用いれば、以下の3式が得られる。すなわち、

$$k_r = \frac{r(r) + \sum_{i=1}^{r-1} a_i^{(r-1)} r(r-i)}{E_{r-1}} \quad (4)$$

$$a_i^{(r)} = a_i^{(r-1)} - k_r \cdot d_{r-1}^{(r-1)} \quad 1 \leq i \leq r-1,$$

$$a_r^{(r)} = -k_r \quad (5)$$

$$E_r = E_{r-1}(1 - k_r^2), \quad E_0 = r(0) \quad (6)$$

ただし、 $k_r$ はPARCOR係数、 $E_r$ は予測残差パワーである。 $r=1$ より始めて順次、次数を増加してゆき、 $r=p$ のとき予測係数 $a_i = a_i^{(p)} (1 < i < p)$ が得られる。

線形予測推定スペクトル $P(\omega)$ は

$$P(\omega) = \frac{\sigma^2}{2\pi} \left| \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^p a_i Z^{-i}} \right|_{z=e^{j\omega}}^2 \quad (7)$$

ただし、

$$\sigma^2 = r(0) + \sum_{i=1}^p a_i r(i) \quad (8)$$

また、 $P(\omega)$ における極を $Z_i = r_i \cdot e^{j\lambda_i}$ ,  $i=1, 2, \dots, p$ とおけば、共振周波数 $F_i$ , 3dB帯域幅 $B_i$ は

$$F_i = \frac{|\lambda_i|}{2\pi\Delta} \quad (9)$$

$$B_i = \log \frac{r_i}{\pi\Delta} \quad (10)$$

で与えられる。

以下本発明による一実施例について述べる。

第5図は本発明による一実施例の構成を示すブロック図である。入力端子101より、航走音信号が入力されると、標準化周波数に適した通断周波数の低域通過滤波器1へ入力後A/D変換器2で標準化量子化される。パワースペクトル演算器3は第5図(b)に示した回路で演算実行される。すなわち、入力端子301より入力される時系列データを、制御装置11の指示で決められた窓長(フレーム長)の窓かけ器31で切り出す。高速フーリエ変換器32は、窓かけ器31の出力を、周波数分析する。乗算器33はそれをパワースペクトルに変換する。つぎに、補機音除去器4はパワースペクトル中の補機音を除去する。補機音の種類を探索する範囲はあらかじめ制御装置11で指示される。除去した補機音の周波数、振幅、補機音存在の有無が記憶装置10に保存される。ピッチ抽出器5はケプストラム法のピッチ抽出方式によるもので、第5図(c)にその構成が示されている。すなわち、

に除去されている。)入力端子501へ入力されたデータに、複数船舶の航走音がある場合、記憶装置10には複数のピークが記憶されているから制御装置11の指示で、4の出力から6の出力を差し引いて得られたスペクトルを用いて複数船舶の船体共振スペクトルが得られる。また、差し引いた残りのスペクトルから他の補機雑音、他船舶のスペクトルを抽出する。

これらパワースペクトルを自己相関器8へ入力する。自己相関器8は累加パワースペクトルを高速フーリエ変換することで自己相関係数を得る。PARCOR分析装置9の回路構成が第5図(d)に示されている。すなわち、入力端子901へ入力された自己相関係数をPARCOR演算器91でPARCOR分析し、PARCOR係数を得る。そして、線形予測演算器92は制御装置11で指示される予測次数の線形予測係数をPARCOR係数より算出する。予測スペクトル演算器93は予測スペクトルを線形予測係数から算出する。共振周波数演算器94は線形予測係数から共振周波数

入力端子501にパワースペクトルが入力されると、対数変換器51で対数値に変換され高速フーリエ変換器52に入力後、パワースペクトラムに変換される。ピッチ検出器53は高ゲイン部でのピークで、ある域値を超えたものを複数個検出する。このときピークを何個まで検出するかは制御装置11で指示がある。抽出したピッチは記憶装置10に入力される。一方ピッチ監視装置5'ではピッチ抽出器5で算出したピッチをもとにピッチ周波数の変動を検出する。ピッチに変化があればスペクトルの累加を打切るため制御装置11を通じて累加器7に指示し、加算を止め累加パワースペクトルを平均化し記憶装置10へ入力する。ピッチ周波数に変化のない場合はあらかじめ定めたフレーム数のスペクトルを累加平均するよう制御装置11が働く。またピッチの存在しない場合も同様で、パワースペクトルは定められた回数累加平均される。こうして得られた安定なパワースペクトルからコームフィルタ回路6により船体共振スペクトル包絡を抽出する。(補機雑音はすで

と3dB帯域幅を算出する。これらにより得られたPARCOR係数、線形予測係数、共振周波数、3dB帯域幅、そして船体共振スペクトルは制御装置11を介して記憶装置10に保存される。表示装置12は入力装置13からの指令で船体共振スペクトル、ケプストラムの他、記憶装置10に記憶されたピッチ、補機音情報等のパラメータの結果を目視するために使用される。記憶装置10は情報が満杯になれば、新しいものと交換できるバック式のものである。

#### 〔発明の効果〕

以上説明したように、本発明は船舶航走音を分析し、補機音を除去し、ピッチを抽出しながら、ピッチの変動に応じて累加数を変えられるスペクトル累加平均の手段そしてピッチの高調スペクトル包絡すなわち船体共振スペクトルを各船舶について抽出し、またPARCOR分析により船体共振スペクトル包絡、共振周波数、3dB帯域幅を抽出する手段を主な目的として有する分析装置を提供する。この分析装置により、船舶固有の有効

な特徴を自動的に得ることができる。

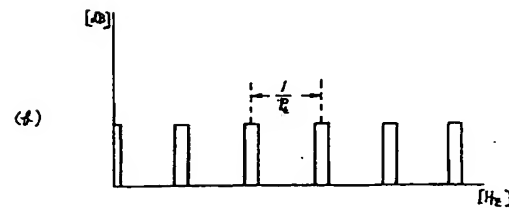
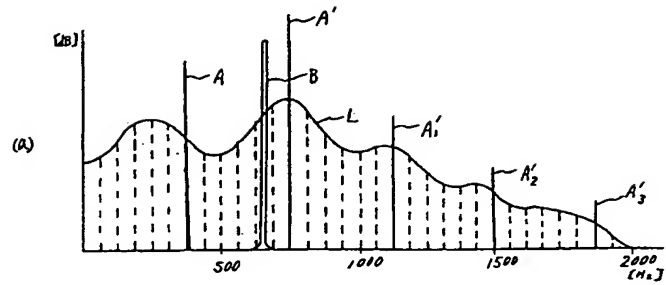
#### 図面の簡単な説明

第1図(a)は船舶航走音パワースペクトルの一例を示す図、第1図(b)は周波数 $1/P1$  [Hz]の振幅特性のコームフィルタの一例を示す図、第2図は補機音除去方法を説明する図、第3図は船体共振スペクトルを抽出する方法を説明するブロック図、第4図はケプストラム分析によるピッチ抽出を説明する図、第5図は本発明の一実施例のブロック構成図である。

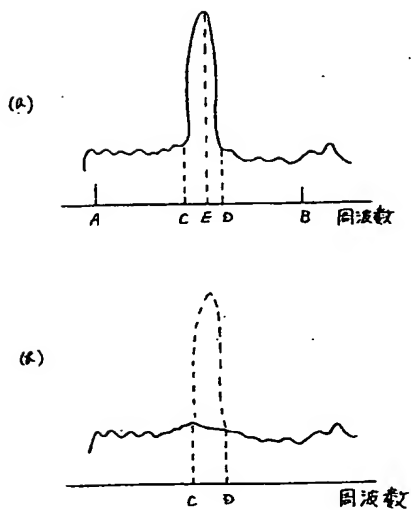
3…パワースペクトル演算器、4…補機音除去器、  
5…ピッチ抽出器、5'…ピッチ監視装置、6…  
コームフィルタ。

代理人 弁理士 高橋明

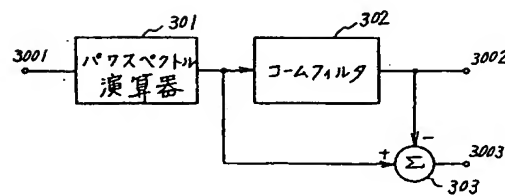
第 1 図



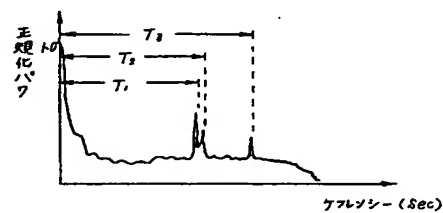
第 2 図



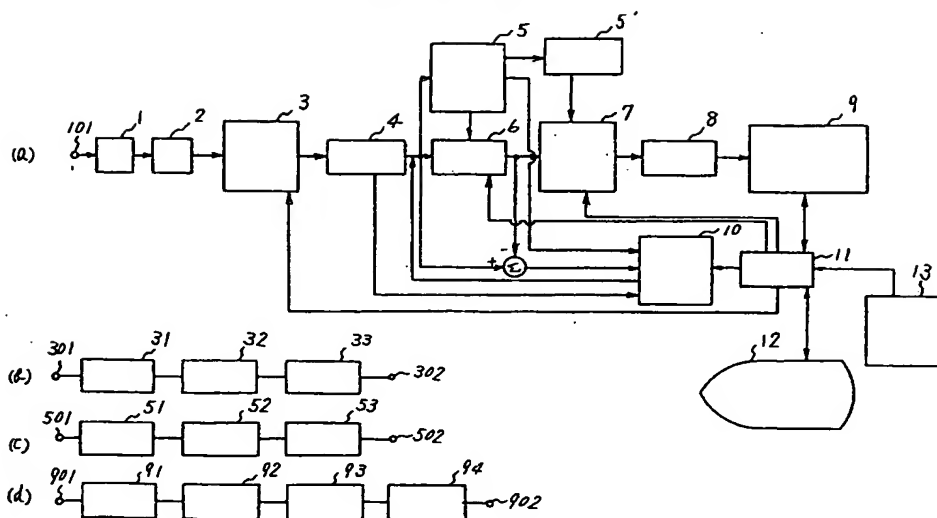
第 3 図



第 4 図



第 5 図



BEST AVAILABLE COPY